

Розроблено радіометр для випробувань пожежних сповіщувачів полум'я, методика вимірювання енергетичної освітленості за його допомогою і методика визначення границі допустимої основної відносної похибки вимірювання. Радіометр чутливий в спектральному діапазоні 4 - 5 мкм і діапазоні енергетичних освітленостей від 0,001 до 20,0 Вт/м². Границя допустимої основної відносної похибки вимірювання радіометра не перевищує $\pm 6\%$.

**УДК 551.510.534:
621.383.52**

**В.К. Бутенко,
Ю.Г. Добровольський**
канд. техн. наук
**Б.Г. Шабашкевич,
В.Г. Юр'єв**
ТОВ Науково-виробнича
фірма «Тензор»

РАДІОМЕТР ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ ПОЛУМ'Я ТЕНЗОР-32

Вступ

Одне з головних питань, яке визначає рівень безпеки суспільства є його здатність протидіяти різноманітним чинникам зовнішнього середовища як природного так і техногенного походження. До таких чинників відноситься вогонь, відкрите полум'я, особливо коли вони переростають в пожежі, які завдають величезних збитків. Тому запобігання його виникнення та розповсюдження є актуальним завданням суспільства.

Для упередження виникнення пожежі у пожежних системах застосовуються сповіщувачі полум'я [1, 2], які мають конструктивні відмінності. Але, згідно ДСТУ EN 54-10:2004 [3] їх калібрування відбувається в інфрачервоному (ІЧ) діапазоні (в діапазоні 4 – 4,8 мкм) по випромінюванню метанового пальника на відстані 1,5 м. Контроль випромінювання полум'я пальника здійснюється згідно ДСТУ за допомогою ІЧ радіометра.

Таким чином, з огляду на вимоги ДСТУ EN 54-10:2004, створення радіометра інфрачервоного випромінювання із вище зазначеними параметрами є актуальним завданням, вирішення якого сприятиме розвитку техніки, призначений для запобігання пожежам з одного боку та вітчизняній вимірювальній техніці інфрачервоного діапазону спектру - з другого.

Завдання роботи полягало у розробці радіометра для випробувань пожежних сповіщувачів полум'я, чутливого у межах 4 – 5 мкм в діапазоні енергетичних освітленостей від 0.001 до 20.0 Вт/м² з межею допустимої основної відносної похибки вимірювання в цьому діапазоні не більше $\pm 6\%$.

Огляд аналогів

Більшість сучасних засобів для вимірювання енергетичної радіації за звичай побудовані на принципах вимірювання температури і перерахування отриманих значень температури у одиниці теплового потоку. Наприклад при визначенні коефіцієнта димоутворення при вогняних випробуваннях матеріалів і речовин згідно ГОСТ 12.1.044-89 [4]. Приблизно таким же чином використовуються радіаційні пірометри типу РАПАП-1 та РАПАП-2 [5], які відрізняються діапазоном вимірюваних температур. В цих виробках в якості датчика використовується піроелектричний приймач МГ-30.

Загальним недоліком зазначених приладів є непряме вимірювання радіаційного теплового потоку, що веде до певного спотворення результатів вимірювань.

Прийнятним приладом для вимірювання енергетичної освітленості можна вважати радіометр неселективний «Аргус-3» російської компанії «Октава+» [6], який забезпечує вимірювання енергетичної освітленості в діапазоні 0,5 – 20 мкм з похибкою $\pm 6 \%$.

Серед вітчизняних сучасних засобів вимірювання теплових потоків потрібно відмітити перетворювач теплового потоку високої інтенсивності ПТПВТ, розроблений у ІТТФ НАНУ (м. Київ) [7]. Він призначений для застосування як нестандартизованого робочого засобу вимірювання поверхневої густини теплового потоку при високоефективному теплообміні. ПТПВТ є термоелектричним батарейним (багатoeлементним) первинним вимірювачем, який перетворює енергію теплового потоку в електричний сигнал постійного струму. Теплочутливий елемент ПТПВТ виконаний по ГОСТ 30619-98 (ДСТУ 3756-98) у корпусі, термостатованим проточним холодоагентом. Перетворювач поставляється разом із стандартним вимірювачем постійного струму. Попри малі значення похибки вимірювань (основна відносна похибка вимірювань складає $\pm 3 \%$) прилад не може бути застосований при випробуваннях сповіщувачів полум'я, оскільки розрахований на вимірювання потоків високої інтенсивності (до 170 кВт/м²).

Портативний цифровий радіометр інтегрального опромінення РАТ-2П [8, 9], який широко використовується при атестації робочих місць по тепловій опроміненості хоча і забезпечує вимірювання з межею допустимої основної відносної похибки $\pm 6 \%$, але не здатен здійснювати вимірювання енергетичних потоків менших за 10 Вт/м².

Таким чином, на початку наших досліджень не було відомо про вітчизняні засоби вимірювальної техніки, здатні забезпечити вимірювання енергетичної освітленості у відповідності до вимог, викладених у завданні роботи.

Результати розробки

Як відомо [10], згідно закону Планка, випромінювання тіл в інфрачервоному діапазоні довжин хвиль обумовлене температурою даного тіла. Оскільки максимум спектральної характеристики певного джерела випромінювання відповідає певній температурі, то варто вибирати приймач випромінювання, спектральна характеристика чутливості якого відповідала б спектральній характеристиці джерела.

Джерелом в нашому випадку є полум'я метанового пальника, приблизна спектральна характеристика якого наведена у [10] і представлена на рис. 1.

У спектральному діапазоні ($\Delta\lambda$) від 4 до 4,8 мкм працюють декілька типів приймачів. Зокрема це неохолоджувані фоторезистори на основі селеніду свинцю (PbSe) $\Delta\lambda = 1 - 5$ мкм [11] та охолоджувані фотодіоди сурм'янистого індію (InSb) [12], але, для забезпечення чутливості в області 4,8 – 5 мкм, вони потребують додаткового охолодження.

Тому, в розробленому радіометрі, який отримав назву «Тензор-32», використовується неселективний приймач випромінювання на основі напівпровідникової термобатареї і чутливий в широкому спектральному діапазоні: від 0,2 до 10 мкм. Оптичний потік випромінювання попадає на чорнену поверхню приймальної площадки приймача випромінювання та нагріває її. Термобатарея фіксує нагрів та видає фотосигнал у вигляді електричної напруги, пропорційної оптичному потоку. Необхідний спектральний діапазон чутливості радіометра формується інтерференційним фільтром з пропусканням в області 4 - 5 мкм, спектральна характеристика якого наведена на рис. 2.

Для збільшення чутливості приладу та зменшення впливу випромінювання навколишніх предметів зужено кут поля зору радіометричної головки - перед фотоприймачем встановлено лінзу виготовлену з фтористого кальцію (CaF₂).

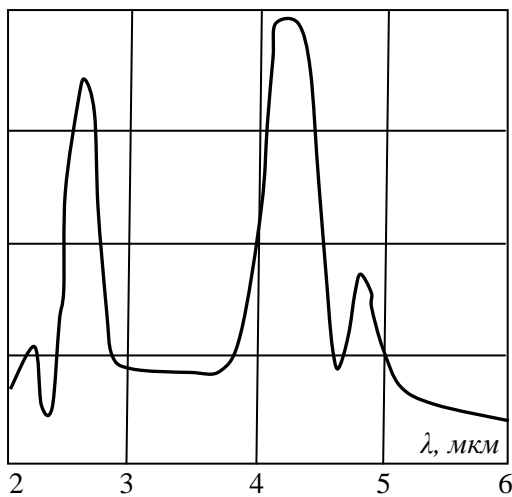


Рис. 1. Спектр випромінювання полум'я (CO₂+тверді частинки при високій температурі)

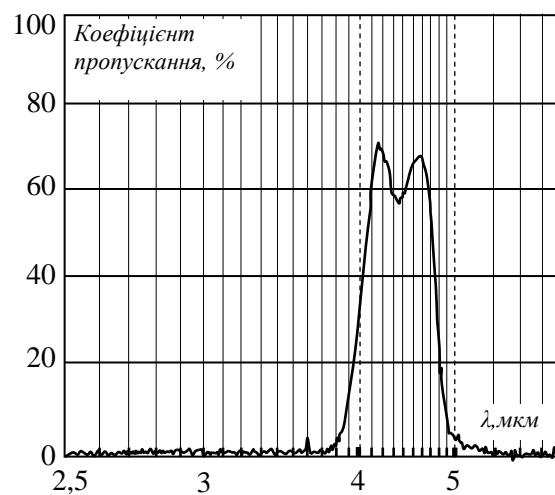


Рис. 2. Спектральна характеристика коефіцієнта пропускання світлофільтра

Оскільки в радіометрі в якості фотоприймача використовується тепловий фотоприймач, то при вимірюваннях потік випромінювання визначається різницею температур джерела випромінювання та середовища, в якому перебуває приймач. Це обумовлює жорсткі вимоги щодо підтримування постійної температури приміщення та радіометричної головки на протязі часу проведення вимірювань.

Структурна схема радіометра приведена на рис. 3.

Зовнішній вигляд радіометра, який складається з електронного блоку та радіометричної головки наведено на рис. 4.

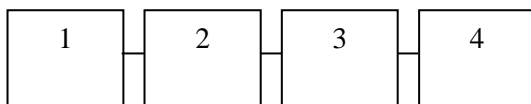


Рис. 3. Структурна схема радіометра.
1-головка радіометрична (РГ); 2-передпідсилювач (ПП); 3-аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 4-рідкокристалічний індикатор (РКІ).



Рис. 4. Зовнішній вигляд радіометра.

Загальний принцип роботи радіометра полягає у тому, що світловий потік від джерела випромінювання попадає на фоточутливий елемент головки радіометричної (1), генерує фотосигнал, який підсилюється ПП (2). АЦП (3) перетворює напругу в цифровий код, який виводиться на індикатор (4). За допомогою перемикача піддіапазонів вимірювання встановлюється необхідний діапазон чутливості радіометра 0-2 або 0-20 Вт/м².

На задній панелі радіометра розміщені вимикач живлення *СЕТЬ*, запобіжник 0,25А, шнур для під'єднання радіометра до мережі 220В, клему заземлення, роз'єм для під'єднання радіометричної головки *ІЗМ.ГОЛОВКА* та роз'єм аналогового виходу після передпідсилювача *ВИХОД* для підключення зовнішнього цифрового вольтметра, або іншого пристрою при відносних вимірюваннях. На передній панелі радіометра розміщені цифрове табло, перемикач піддіапазонів вимірювання *ДІАПАЗОН* і ручка

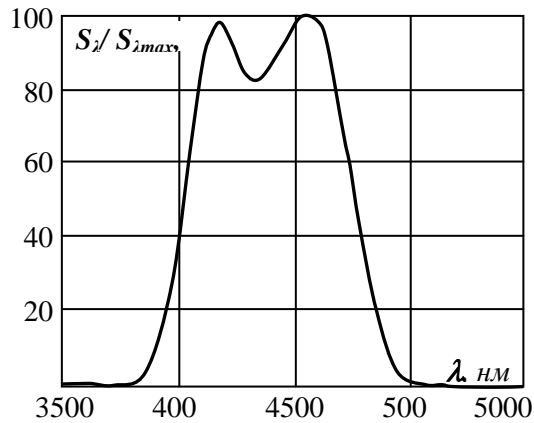


Рис. 5. Відносна спектральна характеристика чутливості радіометричної головки радіометра «Тензор-32»

установки нуля УСТ 0.

Вид спектральної характеристики чутливості радіометричної головки наведений на рис. 5. Розроблений радіометр має робочий спектральний діапазон чутливості від 4 до 5 мкм.

Діапазон вимірювань енергетичної освітленості радіометра складає від 0,001 до 20,0 Вт/м². Межа допустимої основної відносної похибки вимірювань енергетичної освітленості (δ_E) в діапазоні від 0,02 Вт/м² до 20 Вт/м² не більше $\pm 6\%$.

В діапазоні від 0,001 Вт/м² до

0,02 Вт/м² основна відносна похибка (δ) визначається за формулою:

$$\delta = \pm \left(\delta_E + 0.05 \times \frac{A_n}{A_x} \right), \quad (1)$$

де A_n - максимальне значення цифрової індикації радіометра (без врахування коми), відн. од.;

A_x - покази радіометра (без врахування коми), відн. од.

Кут поля зору не менше 6°. Робоча відстань від джерела випромінювання до вхідного вікна – не менше 1,5 м. Живлення радіометра здійснюється від мережі (220±22) В.

Методика вимірювання енергетичної освітленості.

Для вимірювання енергетичної освітленості головка радіометрична приєднується до електронного блоку радіометра та встановлюється таким чином, щоб її вхідне вікно знаходилося відстані 1,5 м від вимірюваного джерела оптичного випромінювання. При цьому РГ та джерело оптичного випромінювання повинні знаходитися на одній оптичній вісі. Для усунення впливу перевідбитих від сторонніх предметів потоків робочого та фонових джерел випромінювання установити додатковий екран на відстані (0.8 – 1.0) м від РГ з розміром отвору приблизно рівним розміру джерела випромінювання.

Потік випромінювання (полум'я метанового пальника) перекривається непрозорим теплоізолюючим екраном, а радіометр при цьому витримується в ввімкнутому стані не менше 10 хв. Теплоізолюючий екран встановлюється на відстані 300-400 мм від джерела випромінювання. Перед кожним вимірюванням проводиться установка нуля з точністю до ± 1 одиниці молодшого розряду. Якщо із-за впливу фонових засвіток навколишнього середовища не вдається установити нуль радіометра, необхідно зафіксувати покази радіометра E_{et1} в затемненому стані.

Після встановлення нуля теплозахисний екран знімається і на вхід радіометричної головки подається потік випромінювання, і, після установлення показів (приблизно 5 секунд), вимірюється величина енергетичної освітленості E_{e1} , або вона визначається вимірюванням загальної енергетичної освітленості E_{e3ar1} у випадку, коли не вдається встановити нуль, за формулою

$$E_{e1} = E_{e3ar1} - E_{et1}, \quad (2)$$

Вимірювання енергетичної освітленості проводяться чотири рази, а величину освітленості (E_e), яку створює джерело випромінювання, визначають як середньоарифметичне значення п'яти вимірювань

$$E_e = \frac{E_{e1} + E_{e2} + \dots + E_{e5}}{5}, \quad (3)$$

Визначення основної відносної похибки вимірювання енергетичної освітленості (δ_E).

Для забезпечення метрологічної атестації розробленого приладу розроблені та затверджені відповідні програма та методики. Зокрема, основним елементом методики атестації радіометра є методика визначення межі допустимої основної відносної похибки вимірювання енергетичної освітленості (δ_E). Для її визначення необхідно визначити похибку юстування радіометра ($\delta_{ю}$), нелінійність енергетичної характеристики чутливості (δ_s) і короткочасну нестабільність чутливості (δ_t).

Визначення похибки юстування радіометра ($\delta_{ю}$) проводиться на установці, яка збирається на базі фотометричної лави ФСМ-4У. Структурна схема установки приведена на рис. 6. Установка складається з сферичного дзеркала (1); джерела ІЧ випромінювання (2); 3,6 – екранів з комплекту фотометричної лави ФСМ-4У (3, 6); непрозорого теплоізолюючого екрана (4); інтерференційного фільтру (5); еталонного фотоприймача (7); резистора $R = 1 \text{ МОм} \pm 0.1\%$ (8); прецизійного перетворювач струм-напруга ППТН-02 (9); вольтметра універсального В7-28 (10); радіометричної головки досліджуваного радіометра (11); вимірюваного (електронного) блоку досліджуваного радіометра (12); амперметра М2015 (13); блока живлення СНП-40 (14).

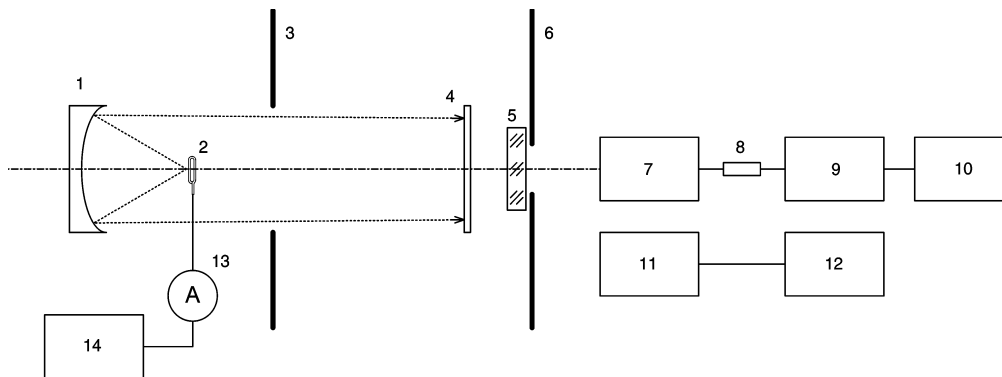


Рис. 6. Структурна схема установки для визначення похибки юстування радіометра

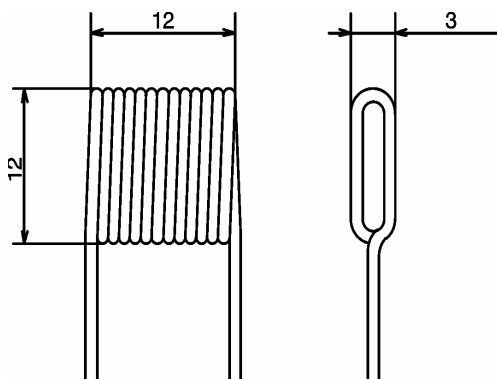


Рис. 7. Форма та розміри джерела ІЧ випромінювання

Сферичне дзеркало з зовнішнім алюмінієвим покриттям повинно мати світловий діаметр 100 - 110 мм, фокусну відстань 150 - 200 мм. Тіло джерела ІЧ випромінювання має бути виготовлене у вигляді плоскої спіралі розмірами 12×12 мм з ніхромової дротини $\varnothing = (0.7-0.8)$ мм виток до витка таким чином, щоб в напрямку випромінювання тіло розжарювання мало вигляд суцільного випромінюючого елемента. Форма та розміри джерела ІЧ випромінювання зображено на рис 7

Вимоги до джерела ІЧ випромінювання наступні.

Струм споживання джерелом ІЧ випромінювання установлюється в межах 11 - 12 А. Фактичне значення струму контролюється амперметром М2015 та підтримується на протязі вимірювань з точністю $\pm 0,05\text{А}$. Інтерференційний фільтр повинен мати

максимальне пропускання на довжині хвилі $\lambda_{\max} = (4.2 - 4.7)$ мкм, півширину $\Delta\lambda_{0.5} \leq 0.2$ мкм. Еталонний фотоприймач (ФП) повинен бути атестований по чутливості до енергетичної освітленості з похибкою, яка не перевищує ± 3 %. Нерівномірність енергетичної освітленості в площині кріплення еталонного ФП (РГ досліджуваного радіометра) не повинна перевищувати ± 10 % в світловому діаметрі $\varnothing_{\text{св}} = 25$ мм. При вимірюваннях еталонний фотоприймач та радіометрична головка приладу повинні бути захищені від потоків повітря, протягів та випромінювання теплових джерел (радіаторів опалення, нагрівних елементів, ламп розжарювання і т.п.).

Перед вимірюваннями витримувати еталонний фотоприймач та радіометричну головку приладу при умовах вимірювання не менше однієї години. Оснащення для кріплення еталонного фотоприймача та радіометричної головки приладу повинно забезпечувати установку вхідного вікна вимірюваної РГ в площині калібрування енергетичної освітленості. Під час проведення вимірювань не торкатися радіометричної головки. Оператор під час проведення вимірювань повинен знаходитися поза межами поля зору РГ. Під час налагоджування до вимірювань та при переустановці еталонного приймача або РГ необхідно працювати в подвійних бавовняних рукавичках.

Визначення похибки юстування радіометра здійснюється наступним чином.

Джерело оптичного випромінювання прогрівається на протязі 15 хв при робочому струмі 11 – 12 А. Переміщуючи джерело випромінювання вздовж оптичної вісі відносно дзеркала, створюється квазіпаралельний пучок променів. Знявши фільтр 5 та, переміщуючи сферичне дзеркало (1) та джерело ІЧ випромінювання (2) відносно екранів (3) і (6), досягають рівномірності світлового поля в площині розміщення фоточутливого елемента еталонного фотоприймача. Паралельність променів та рівномірність світлового поля установлюються візуально. Потім еталонний фотоприймач встановлюється на відстані 1,5 м від дзеркала (1). Переміщуючи еталонний фотоприймач відносно напрямку випромінювання, потрібно установити його фоточутливий елемент на оптичній вісі джерела випромінювання і зафіксувати положення еталонного фотоприймача.

Фільтр (5) та перемикач чутливості перетворювача ППТН-02 встановлюються в положення, при якому фотосигнал буде мати не менше трьох значущих цифр на табло вольтметра В7-28. Після цього потік випромінювання перекривається непрозорим теплоізолюючим екраном (4), а еталонний фотоприймач втримується в затемненому стані не менше 10 хв. На ППТН-02 встановлюється нуль з точністю до ± 1 одиниці молодшого розряду. Якщо із-за впливу фонових засвіток навколишнього середовища не вдається установити нуль, необхідно зафіксувати покази на В7-28 (U_m). Знявши екран (4) на вхід еталонного фотоприймача подається потік випромінювання. Після встановлення показів, вимірюється величина загального сигналу ($U_{\text{заг1}}$).

Енергетична освітленість (E_{e1}) визначається за формулою:

$$E_{\text{e1}} = \frac{U_{\text{заг1}} - U_{\text{т}}}{S_{\text{v}}}, \quad (4)$$

де E_{e1} – енергетична освітленість, Вт/м²;

$U_{\text{заг1}}$ та U_m – відповідно загальний та темновий сигнали з еталонного фотоприймача, В;

S_{v} – чутливість еталонного ФП з врахуванням температури навколишнього середовища під час вимірювань, (В·м²)/Вт.

Переміщуючи еталонний фотоприймач відносно даного положення вліво-вправо та вниз-вверх на 6 - 7 мм, провести ще чотири вимірювання енергетичної освітленості та визначити величину освітленості ($E_{\text{ср}}$), яку створює джерело випромінювання, як середньоарифметичне значення п'яти вимірювань згідно формули (5):

$$E_{\text{ср}} = \frac{E_{e1} + E_{e2} + \dots + E_{e5}}{5}, \quad (5)$$

При нерівномірності вершини спектральної характеристики чутливості, яка приведена на рисунку 5, розраховується енергетична освітленість, яку має показувати радіометр при калібруванні з врахуванням спектральної чутливості на довжині хвилі калібрування, $E_{\text{ек}}$ за формулою (6):

$$E_{\text{ек}} = E_{\text{ср}} \times \frac{K_{\lambda}}{K_{\text{ср}}}, \quad (6)$$

де K_{λ} - значення спектральної чутливості на довжині хвилі калібрування, відн. од.;
 $K_{\text{ср}}$ - середнє значення спектральної чутливості, відн. од.

Значення $K_{\text{ср}}$ приводиться на кожен радіометричний головку в паспорті на радіометр, значення K_{λ} - визначається по спектральній характеристиці радіометричної головки.

Після визначення енергетичної освітленості, замість еталонного фотоприймача встановлюється радіометрична головка досліджуваного радіометра та, не змінюючи режиму роботи джерела випромінювання, проводиться вимірювання енергетичної освітленості E_e аналогічно вище описаному.

Величину відхилення ($\delta_{\text{ю}}$) виміряної енергетичної освітленості за допомогою радіометра (E_e) від освітленості $E_{\text{ек}}$ визначають за формулою (7):

$$\delta_{\text{ю}} = \frac{E_{\text{ек}} - E_e}{E_{\text{ек}}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

Величина $\delta_{\text{ю}}$ є похибкою юстування, яка не повинна перевищувати $\pm 2\%$. Якщо величина $\delta_{\text{ю}}$ перевищує указану величину, юстування радіометра проводиться наступним чином.

Кришка електронного блоку радіометра знімається, і за допомогою юстуючого резистора (позиція 8 на рис. 6), який розміщений на платі вольтметра, встановлюються покази на табло радіометра рівними величині енергетичної освітленості $E_{\text{ек}} \pm 2\%$, визначеної згідно формули (6). Після цього повторно визначити похибку юстування згідно вищевказаної методики.

Вимірювання нелінійності енергетичної характеристики чутливості (δ_s) і визначення діапазону вимірювань енергетичної освітленості проводяться на установці, структурна схема якої приведена на рис 8.

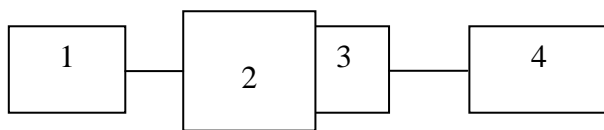


Рис. 8. Структурна схема установки для вимірювання нелінійності та діапазону вимірювань енергетичної освітленості.

1 - блок живлення Б5-21; 2 - освітлювач ИДНМ4.004.00.00; 3 - головка радіометрична (РГ); 4 - електронний блок радіометра.

Слід зауважити, що при вимірюваннях потрібно зняти фільтр з радіометричної головки, а нестабільність потоків випромінювання під час вимірювань (протягом 10 хв.) не повинна перевищувати $\pm 0,5\%$.

Головка радіометрична встановлюється в посадкове місце стенду, а перемикач діапазонів чутливості радіометра встановлюється в положення 0-2, яке вказано на лицевій панелі радіометра.

Один з каналів випромінювання відкривається і встановлюється потік, при якому покази радіометра складатимуть 30-40 % від величини верхньої межі діапазону чутливості. Після цього проводиться вимірювання енергетичної освітленості E_l . Потім перекривається випромінювання, відкривається другий канал випромінювання і

аналогічно вимірюється сигнал E_2 . Нарешті, відкриваються обидва канали випромінювання і вимірюється сигнал E_3 та визначається нелінійність чутливості (δ_s) за формулою (8):

$$\delta_s = \frac{E_1 + E_2 - E_3}{E_1 + E_2} \times 100\%, \quad (8)$$

В кожному каналі встановлюється потік, при якому покази радіометра будуть дорівнювати $E_3 \pm 10\%$ і по черзі вимірюються ці сигнали. потім потрібно перейти на наступний діапазон чутливості (0-20 на лицевій панелі радіометра), відкрити обидва канали, виміряти сигнал, і, згідно формули (8) визначити нелінійність.

Аналогічно визначається нелінійність енергетичної характеристики чутливості радіометра в діапазоні вимірювань 0-20.

Максимальне зі значень нелінійності енергетичної характеристики чутливості (δ_s) не повинно перевищувати $\pm 1\%$. При цьому діапазон вимірювання енергетичної освітленості знаходиться в межах від 0 до 20 Вт/м².

Вимірювання нестабільності чутливості (δ_t) проводиться на установці, структурна схема якої наведена на рис 7. Нестабільність чутливості визначають за п'ятьма вимірюваннями, реєструючи покази радіометра через інтервали часу (1–1,5 хв.).

Нестабільність чутливості у відсотках визначається за формулою (9):

$$\delta_t = \frac{E_{\max} - E_{cp}}{E_{cp}} \times 100\%, \quad (9)$$

де E_{cp} - середнє арифметичне значення п'яти вимірювань радіометра;

E_{\max} - покази радіометра, максимально відмінні від E_{cp} .

Радіометр вважається придатним до використання, якщо нестабільність чутливості δ_t не виходить за межі $\pm 2\%$.

Основну відносну похибку вимірювань енергетичної освітленості δ_E (у відсотках) визначають за формулою (10):

$$\delta_E = \pm 1.1 \times \sqrt{\delta_s^2 + \delta_t^2 + \delta_{ю}^2 + \delta_{yc}^2}, \quad (10)$$

де δ_s - нелінійність енергетичної характеристики, %;

δ_t - нестабільність чутливості, %;

$\delta_{ю}$ - похибка юстування, %;

δ_{yc} - похибка еталонного фотоприймача (згідно з його паспортом), %.

Радіометр вважається придатним до використання, якщо основна відносна похибка вимірювання енергетичної освітленості не виходить за межі $\pm 6\%$.

Таким чином, розроблена методика визначення межі допустимої основної відносної похибки вимірювань енергетичної освітленості повністю забезпечує вимоги до приладу. Слід відзначити, що реально визначені значення межі допустимої основної відносної похибки вимірювань енергетичної освітленості в діапазоні від 0,02 Вт/м² до 20 Вт/м² не перевищують $\pm 5\%$, а у діапазоні від 0,001 Вт/м² до 0,02 Вт/м² не перевищує $\pm 6,5\%$.

Розроблений радіометр для випробувань пожежних сповіщувачів полум'я „Тензор-32” атестований як нестандартизований засіб виміральної техніки та використовується відповідними сертифікаційними центрами.

Висновки

1. Розроблений радіометра для випробувань пожежних сповіщувачів полум'я, чутливий у спектральному діапазоні 4 – 5 мкм в діапазоні енергетичних освітленостей від 0,001 до 20,0 Вт/м² з межею допустимої основної відносної похибки вимірювання

не більше $\pm 6 \%$.

2. Розроблена методика вимірювання енергетичної освітленості за допомогою радіометра „Тензор-32” у спектральному діапазоні 4 – 5 мкм.

3. Розроблена та затверджена методика визначення межі допустимої основної відносної похибки вимірювання енергетичної освітленості.

Література

1. <http://www.bolid.ru/ishop/124022205/7124001/8918001>.
2. В. Кулагов, Пожарный извещатель пламени ИП3321/2 “СК” // Схемотехника №3 2001, с.1-3.
3. ДСТУ EN 54-10:2004 Системи пожежної сигналізації. Частина 10. Сповіщувачі пожежні полум'я точкові. Держспоживстандарт України. Київ, 2004, с.80.
4. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаро - взрыво опасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Изд-во стандартов, 1989. - 143 с.
5. Мухин Ю.Д., Подячев С.П., Цукерман В.Г., Чубаков П.А. Радиационные пирометры для измерения и контроля температуры РАПАП-1 и РАПАП-2 // ПТЭ. - 1997. - № 5. – С. 161-164.
6. Компания «Октава+». Приборы санитарного и экологического контроля. Каталог. –2004.–с. 42.
7. <http://www.ittf.kiev.ua/otm/commpredloj.htm>.
8. <http://www.tenzor.org.ua>.
9. Б.Г. Шабашкевич. Разработка радиометров интегрального теплового излучения на основе анизотропных термоэлементов // Материалы двенадцатой ежегодной международной конференции “Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики”. – Ялта. - 2004. –с. 164 – 167.
10. Гессорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение: Пер. с франц. – М.: Мир, 1988. -416 с. (стр. 20).
11. www.CKB-Rhythm.narod.ru
12. www.orion-ir.ru

РАДИОМЕТР ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ ПЛАМЕНИ ТЕНЗОР-32

В.К. Бутенко, Ю.Г. Добровольский, Б.Г. Шабашкевич, В.Г. Юрьев

Разработаны радиометр для испытаний пожарных извещателей пламени, методика измерения энергетической освещенности с его помощью и методика определения границы допустимой основной относительной погрешности измерения. Радиометр чувствительный в спектральном диапазоне 4 - 5 мкм и диапазоне энергетических освещенностей от 0,001 до 20,0 Вт/м². Граница допустимой основной относительной погрешности измерения радиометра не превышает $\pm 6 \%$.

RADIOMETER FOR TESTS FIRE SPOVISHOUVACHIV FLAME TENZOR-32

V.K. Butenko, Yo.G. Dobrovolskiy, B.G. Shabashceвич, V.G. Yorev

Are developed radiometer for the tests of fires notification flame, method of measuring of power luminosity for his help that method of determination of border of permissible basic relative error of measuring. Radiometer sensible in a spectral range 4 - 5 mk and range of power luminosity from 0,001 to 20,0 W/m². The border of permissible basic relative error of measuring of radiometer does not exceed $\pm 6 \%$.